

КЛИНИЧЕСКИЕ ЛЕКЦИИ

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ С ИММУНОКОРРЕГИРУЮЩЕЙ ЦЕЛЬЮ**Е.Г. Асирян, О.В. Матющенко, О.Н. Мацук**

УО «Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет»

THE INFLUENCE OF PHYSICAL FACTORS ON THE ORGANS OF THE IMMUNE SYSTEM AND THE POSSIBILITY OF THEIR USE WITH IMMUNOCORRECTIVE PURPOSE**E.G. Asiryan, O.V. Matyuschenko, O.N. Matsuk**

Educational Institution "Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University"

Реферат

В статье автор обобщает представленные в литературе материалы о влиянии физических факторов, таких как лазер и крайне высокочастотное излучение, на органы иммунной системы. Изучены результаты исследований об иммуномодулирующих эффектах лазерного излучения, его влияние на клетки иммунной системы, а также сформулированы варианты применения лазеротерапии как фактора иммунокоррекции. Проанализирована имеющаяся в литературе информация о воздействии крайне высокочастотного излучения на тимус, селезенку, изучены иммунологические сдвиги, наблюдающиеся вследствие применения этого физического фактора. Представленная в статье информация позволяет оценить возможности иммунокорректирующего влияния лазерного и крайне высокочастотного излучения при различных заболеваниях, что будет способствовать более широкому применению этих методов в медицине.

Ключевые слова: лазерное излучение, крайне высокочастотная терапия, иммунитет, тимус, селезенка.

Abstract

In the article the author summarizes the materials presented in the literature on the influence of physical factors such as laser and ultrahigh frequency radiation on the organs of the immune system. The results of studies of the immunomodulating effects of laser radiation, its effect on the immune system cells were studied, the options of using laser therapy as an immunocorrection factor were formulated. The information available in the literature on the effect of ultrahigh frequency radiation on thymus, spleen, and immunological changes observed as a result of using this physical factor are analyzed. The information presented in the article allows one to evaluate the possibilities of the immunocorrective effect of laser and ultrahigh frequency radiation in various diseases which will contribute to the wider application of these methods in medicine.

Key words: laser radiation, ultrahigh frequency therapy, immunity, thymus, spleen.

ВВЕДЕНИЕ

Значительная эффективность физиотерапевтических методов при различных заболеваниях подтверждается положительной динамикой клинической картины заболевания, результатами лабораторных и инструментальных исследований [1, 2, 3]. Согласно литературным данным, физические факторы способны изменять иммунологическую реактивность путем прямого воздействия на лимфоидную ткань или опосредованно через нервную и эндокринную систему [4]. Физиотерапевтические методы улучшают качество жизни, уменьшают симптомы заболеваний, их использование в ряде случаев дает возможность отказаться от использования лекарственных средств [2, 4].

Лазеротерапия широко используется в медицинской практике. В основе лазерного излучения

лежат разнообразные эффекты монохроматического облучения на различные стороны жизнедеятельности организма [4]. Эффект его взаимодействия с биологическими тканями основан на поглощении и трансформации ими энергии лазерного луча, при этом наблюдается ускорение репаративных процессов, реализуются различные эффекты, в том числе и иммуномодулирующий [5]. Низкоинтенсивное лазерное излучение (НИЛИ) успешно используется для коррекции иммунных нарушений и достижения клинического эффекта у пациентов с различными заболеваниями. Положительные результаты установлены при использовании лазеротерапии при остеомиелите, нейродермите, бронхиальной астме, хронических неспецифических заболеваниях легких и другой патологии [6, 7].

ВИДЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИХ ПРОНИКАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ

Низкоэнергетическое лазерное излучение является электромагнитным излучением оптического диапазона [7]. Малые дозы излучения ($0,5 \text{ Дж/см}^2$) вызывают стимулирующий эффект, средние дозы ($1-2 \text{ Дж/см}^2$) приводят к улучшению микроциркуляции, обезболивающему действию, повышенные дозы ($2-3 \text{ Дж/см}^2$) оказывают противовоспалительное, тормозящее действие. Большие дозы способны оказать негативное влияние, которое приводит к обострению патологического процесса [8].

В зависимости от мощности генерируемого излучения выделяют низкоинтенсивные и высокоинтенсивные лазеры. Низкоинтенсивные лазеры дают мощность светового потока порядка милливатт (мВт), высокоинтенсивные – порядка ватт (Вт). Терапевтическими считают лазерные установки с мощностью ниже 1 Вт, так как излучение такой мощности при воздействии на живую ткань не вызывает фотодеструкции [9].

По характеру генерируемого излучения лазеры делят на непрерывного действия и импульсные [7, 9]. Считают, что коррекция иммунного статуса является одной из важнейших точек приложения низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения [10]. Для лазеров этого типа доза прямо пропорциональна частоте следования импульсов, так как она определяет среднюю мощность. Кроме того, на конечный результат влияет ряд параметров, таких как длина волны, режим работы, мощность, время экспозиции, частота, методика. Последовательный и правильный выбор всех параметров позволит прогнозировать получаемый результат от лазерного воздействия [11, 12].

В физиотерапии, как правило, применяют плотность потока мощности лазерного излучения от $0,5$ до 50 мВт/см^2 . Рекомендуется общая длительность процедуры не более 20-30 мин, продолжительность облучения одного поля от нескольких секунд до 5-10 мин [13]. Дозы лазерного излучения, которые применяют для терапевтических целей, не должны превышать 10 Дж/см^2 [14, 15].

Считается, что эффект вызывает только оптимальная доза НИЛИ. При уменьшении или увеличении дозы в достаточно узком диапазоне эффект уменьшается или отсутствует [16].

НИЛИ с различной длиной волны имеют различную проникающую способность, что определяет возможность взаимодействия со специфическими акцепторами, которые расположены в различных клеточно-тканевых образованиях [17].

В лечебной практике применяются главным образом лазеры красного и инфракрасного спектров излучения [8]. Проникающая способность He-Ne-лазерного излучения, которое имеет рабочую длины волны $632,8 \text{ нм}$, составляет несколько миллиметров. Свет He-Ne-лазера находится в спектре полосы поглощения красного света, хорошо поглощается гемоглобином, обладает высокими биостимулирующими свойствами, в том числе и при внутривенной лазеротерапии. Не-

He-лазерное излучение быстро рассеивается в тканях, в связи с чем малоэффективно при наружном воздействии на внутренние органы. Эффект при этом может быть чисто рефлекторным [9, 13]. Лазеры красного спектра ($0,63-0,69 \text{ мкм}$) применяются для воздействия на слизистые оболочки, кожные покровы и ткани, близко к ним прилежащие, при поверхностных патологических процессах [8].

Лазеры инфракрасного спектра излучения (ИК-лазер) с длиной волны $850-890 \text{ нм}$ имеют проникающую способность $7-8 \text{ см}$. Этот вид излучения меньше отражается от тканей и, преломляясь на границе сред рассеивания, поглощается. Лазеры инфракрасного спектра излучения, работающие в импульсном режиме, дают более выраженный лечебный эффект. Использование импульсного режима позволяет достичь высокой интенсивности лазерного излучения [9]. Установлено, что инфракрасный диапазон лазерного излучения ($0,8-0,95 \text{ мкм}$) является универсальным для воздействия на глуболежащие ткани и органы. В рефлексотерапии используют лазеры как красного ($0,63-0,69 \text{ мкм}$), так и инфракрасного ($1,2-1,3 \text{ мкм}$) спектра [7].

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА

В ряде исследований изучается влияние физиотерапевтических факторов на органы системы иммунитета или зоны их проекции на коже, что рекомендуют использовать в лечении различных заболеваний для усиления «иммунотропности» [18]. Воздействие на проекции иммунокомпетентных органов используется при различных иммунодефицитных состояниях, так как установлено, что НИЛИ влияет как на гуморальные, так и на клеточные компоненты иммунной системы. Направленность лазерного излучения может меняться в зависимости от очень многих факторов [19, 20].

Воздействие на область вилочковой железы инфракрасным лазерным излучением у пациентов с нейроаллергодерматозами способствовало повышению относительного и абсолютного количества Т-супрессоров и, соответственно, снижению Т-хелперов, что сопровождалось улучшением клинической картины [21].

При однократном облучении проекции тимуса и селезенки в дозе $1,5 \text{ Дж/см}^2$ концентрация клеток в этих органах у белых мышей увеличилась. При облучении в течение 5 дней тех же зон в дозе 3 Дж/см^2 наблюдалось незначительное подавляющее действие гелий-неонового лазера на концентрацию клеток тимуса и селезенки [6, 22].

Установлено, что однократное воздействие ближнего инфракрасного лазерного света на область тимуса не изменяло антителогенеза независимо от частоты импульсов лазерного излучения, после 3-5 процедур наблюдалось некоторое снижение продукции антител. Наиболее выраженная стимуляция антителогенеза наблюдалась к 15-му дню после завершения воздействия. Сходные изменения отмечены при воздействии лазером на область селезенки [6].

Выраженный иммунодепрессивный эффект наблюдался при воздействии низкоэнергетическим лазерным излучением инфракрасного диапазона при дозах 0,08-2,1 Дж на область надпочечников и трансцеребрально. Малые дозы лазерного излучения различной длины волны могут приводить к снижению в сыворотке крови уровня некоторых иммуноглобулинов, Т-лимфоцитов в периферической крови [23].

Местное воздействие инфракрасного низкоэнергетического лазерного излучения на область тимуса и щитовидной железы вызывает повышение уровня α^1 -тимозина и Т-клеток [18].

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИММУННОГО СТАТУСА ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРА

Низкоэнергетическое лазерное излучение (НИЛИ) является неспецифическим биостимулятором репаративных и обменных процессов в тканях, способно изменять уровень перекисного окисления, оказывать антиоксидантное и стабилизирующее действие на мембраны клеток [24, 24, 25].

Действие низкоинтенсивного лазерного излучения на показатели иммунного статуса зависит от исходных значений, имеет иммуномодулирующий характер. При низком исходном уровне показателя наблюдается увеличение последнего до средних величин. Снижение показателя на фоне лазерного излучения происходит при исходных данных, близких к верхней границе нормы [24, 27, 28].

Под влиянием данного типа излучения происходит активизация процессов в лимфоидной ткани [29, 30]. Полагают, что в организме имеются специфические рецепторы, которые ответственны за восприятие информации физических факторов. В анализе этой информации основная роль принадлежит иммунной системе [6, 22]. В литературе представлены факты об избирательном эффекте излучения He-Ne-лазера на транскрипционную функцию Т-лимфоцитов в сравнении с В-лимфоцитами [15, 31, 32].

Под воздействием инфракрасного лазерного излучения происходит повышение функционального потенциала Е-рецепторов на Т-лимфоцитах. Это свидетельствует о стимулирующем влиянии этого фактора на экспрессию данного типа рецепторов. Однако, при увеличении дозы облучения вдвое установлена тенденция к угнетению рецепторного аппарата иммунокомпетентных клеток [33].

Лазерное излучение малой интенсивности приводит к активизации факторов неспецифической и специфической резистентности [25, 28, 34]. Установлено влияние лазерного излучения на специфические иммунные реакции, а также антителообразующие клетки, иммуноглобулины, особенно классов G и A, Т-лимфоциты, их регуляторные субпопуляции, В-клетки и др. Имеется информация о прямом стимулирующем влиянии НИЛИ на количество и функцию иммунокомпетентных клеток [27, 35]. Этот физический фактор усиливает пролиферацию Т- и В-лимфоцитов и других лейкоцитов, синтез иммуноглобулинов [36, 37].

Согласно литературным данным, лазерное облу-

чение оказывает различное действие на Т-хелперы и Т-супрессоры, модулирующий эффект на реакцию смешанных культур лимфоцитов [22, 38]. Обнаружено низкое реагирование на данное воздействие хелперно-индукторных клеток и более выраженная стимуляция Т-супрессоров [27]. Установлено активизирующее влияние лазерного излучения видимой и инфракрасной области спектра на тучные клетки [6].

Ряд авторов установили, что при различных заболеваниях установлена положительная динамика уровня цитокинов под влиянием низкоинтенсивного лазерного излучения. НИЛИ способствует снижению уровня IL-4 и увеличению IFN- γ в бронхоальвеолярной жидкости и сыворотке крови, а также снижению уровня IgE в сыворотке крови. Данный физический фактор способен оказывать регулирующее действие на Th1/Th2 дисбаланс, который наблюдается при бронхиальной астме, что может использоваться в лечении данного заболевания [39, 40].

Установлено, что ежедневное местное использование лазеротерапии паравerteбрально на уровне II-IV грудных позвонков в комплексном лечении детей с бронхиальной астмой, приводит к нормализации количества Т-хелперов, Т-супрессоров, В-лимфоцитов, IgA. Наблюдается значительное снижение уровня тяжелых иммуноглобулинов класса М [27, 41].

При БА у детей происходит нормализация цитопатологических показателей, улучшаются структурные свойства мерцательных клеток, процесс фагоцитоза [27].

НИЛИ оказывает влияние на медиаторы воспаления, ИЛ-1 бета и ИЛ-6, воспалительные клетки, макрофаги и нейтрофилы. Уровень этих показателей коррелировал с гистологическими изменениями и динамикой воспалительного процесса при остеоартритах, наблюдался противовоспалительный, обезболивающий, антиоксидантный эффект [39, 42]. Использование этого физиотерапевтического метода в комплексной терапии больных хроническим вирусным гепатитом приводит к нормализации уровня цитокинов, таких как ИЛ-4, ИЛ-1 β , ИЛ-6, ФНО α , что повышает эффективность терапии и улучшает клиническую картину заболевания [34].

НИЛИ приводит к снижению продукции Th2-цитокинов, уменьшает активность аллергического воспаления в экспериментальной модели аллергической бронхиальной астмы у мышей [37].

У пациентов с хроническим пиелонефритом использование магнитолазерной терапии приводит к восстановлению нормального уровня иммуноглобулинов IgG, IgA, нормализует показатели клеточного иммунитета, уровень CD3, CD8, CD95, CD4, способствует снижению провоспалительных цитокинов ИЛ-1 β , ИЛ-6, ФНО α . Представленные данные свидетельствуют о высоких иммунокорректирующих возможностях сочетания медикаментозных методов с низкоинтенсивным лазерным облучением [43].

ПРИМЕНЕНИЕ КРАЙНЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО (КВЧ) ИЗЛУЧЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

КВЧ-волны миллиметрового диапазона представляют электромагнитное поле с частотой от 30 до 300 ГГц

и длиной волны 1-10 мм, которое распространяется в пространстве, в средах и тканях. Квант энергии этих волн на 2 порядка меньше энергии водородных связей, составляет $1,2 \times 10^{-4}$ эВ. Учитывая эти параметры, он не может вызывать необратимых повреждений атомов и молекул [44]. Этот физический фактор относится к неионизирующему излучению [7].

В ряде исследований подтверждается, что в КВЧ диапазоне существует несколько фиксированных частот, резонирующих при низкой интенсивности сигнала с определенными органами и системами организма. В связи с этим наблюдаются положительные сдвиги в функциональном состоянии организма. Наиболее часто используют фиксированные частоты 53,5 ГГц (длина волны 5,6 мм) и 42,2 ГГц (длина волны 7,1 мм) [8].

Высказана гипотеза о том, что в клетке под действием КВЧ-излучения образуются временные структуры, которые и выполняют сигнальную функцию. Эти структуры могут быть центрами связывания ионов, молекул и белков, обладать ферментативной активностью, образовывать каналы и межклеточные контакты, выполнять функцию сигнальных молекул. В клетке в состоянии покоя отсутствует необходимость в этих структурах, они разбираются [17].

ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОЛН КРАЙНЕВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА ОРГАНЫ СИСТЕМЫ ИММУНИТЕТА

В результате поглощения КВЧ-излучения кожными покровами наблюдается возбуждающее действие на рецепторный аппарат биологически активных точек с последующей центростремительной импульсацией, приводящей к изменению деятельности вегетативной, эндокринной и иммунной систем. В организме формируется оветная реакция, которая характеризуется развитием кожно-висцеральных рефлексов, общей реакцией, приводящих к повышению адаптационно-приспособительных, трофических, защитных функций организма [45, 46].

Положительное влияние КВЧ-излучения установлено при воздействии на зону тимуса у пациентов с различными заболеваниями [18].

Использование ЭМИ КВЧ способствовало восстановлению веса вилочковой железы, подвергшейся рентгеновскому облучению, в более короткие сроки. Использование этого физического фактора позволило предотвратить изменение в количественном и качественном составе полиненасыщенных жирных кислот в тимусе [47].

Восстановление состава жирных кислот в тимocyтах, модификация их состава в опухолевой ткани под влиянием ЭМИ КВЧ у мышей может иметь решающее значение в механизме противоопухолевого эффекта электромагнитного излучения [48, 49].

Известно, что длительное применение НИ ЭМИ КВЧ вызывало изменение пространственной организации хроматина в тимocyтах и спленоцитах мыши, а также способствовало снижению неспецифической воспалительной реакции гиперчувствительности замедленного

типа. После воздействия НИ ЭМИ КВЧ увеличивались экспрессия генов ИЛ-1 β и ИФН- γ в тимocyтах, генов ИЛ-1 β , ИЛ-10 и ФНО α в спленоцитах. Это свидетельствует об участии фактора транскрипции NF- κ B в реализации эффектов излучения [15].

Воздействие КВЧ волнами *in vivo* на тимус животных приводило к повышению содержания Т-клеток в селезенке и В-клеток в лимфоузлах и периферической крови. Воздействие на тимус в индуктивном периоде снижает интенсивность продуцирования IgE-антител, тогда как облучение в продуктивной фазе иммуногенеза оказалось неэффективным [4].

КВЧ-терапия области грудины повышает активность вилочковой железы и звено Т-супрессоров. Воздействие КВЧ волнами битемпорально и на область тимуса у пациентов с ревматоидным артритом, получавших поддерживающую нестероидную терапию, способствует повышению относительного и абсолютного количества Т-супрессоров. Установлена нормализация уровня IgG, IgA, ЦИК. В результате депрессии гуморального звена иммунной системы происходит уменьшение степени аутоиммуноагрессии [6].

Установлено, что КВЧ волны дозозависимо стимулируют формирование гуморального иммунного ответа и развитие реакции гиперчувствительности замедленного типа, индуцированных различными антигенами при воздействии на область селезенки здоровых животных [47].

Из представленных данных становится ясно, что направленность и выраженность действия КВЧ волн на иммунную систему зависят от исходных показателей иммунного статуса. При использовании этого физиотерапевтического воздействия следует учитывать дозы и режимы облучения, локализации воздействия, а также этап иммуногенеза [4]. Волны этого диапазона могут оказывать стимулирующее или угнетающее влияние на процессы иммуногенеза, в связи с чем возможно их использование в качестве индуктора супрессии или стимуляции иммунной реактивности организма.

РЕАКЦИИ КЛЕТОК ИММУННОЙ СИСТЕМЫ НА ДЕЙСТВИЕ КРАЙНЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

В реализации эффектов КВЧ-терапии ведущую роль играет изменение функционального состояния иммунной системы, однако механизмы иммуномодулирующего действия до конца не изучены [8, 47, 48].

Установлено, что воздействие на организм КВЧ-излучением при нормальных лабораторных данных не оказывает никакого влияния. При сниженных показателях иммунной системы этот физический фактор способствует их нормализации или приближает к нормальному уровню. В то же время известно, реакция различных звеньев иммунной системы на микроволновое облучение зависит от локализации воздействия, продолжительности и кратности излучения [27].

Иммуностимулирующее действие характеризуется усилением функциональной активности лейкоцитов, восстановлением соотношения субпопуляций лимфо-

цитов [17]. КВЧ-излучение устраняет сдвиг в иммунной системе, связанный с угнетением отдельных звеньев Т- и В-клеточного иммунитета. Повышение функциональной активности Т-супрессорных клеток наблюдается при микроволновом облучении иммунокомпетентных клеток *in vivo* [6].

КВЧ-излучение предупреждает снижение массы и клеточности иммунокомпетентных органов, корректирует угнетенную теofilлин-зависимую рецепцию Т-лимфоцитов, а также активацию реакций гуморального иммунитета [7]. Известно, что через 30 мин после воздействия ЭМИ КВЧ наблюдалось снижение фагоцитарной активности нейтрофилов периферической крови в 2 раза [6].

Противовоспалительный эффект ЭМИ КВЧ сравним по величине с действием терапевтических доз нестероидных противовоспалительных средств (диклофенак натрия) [48, 49].

Предполагают, что данный вид физического воздействия является модулятором продукции цитокинов, обеспечивающих регуляцию иммунного ответа и межклеточное взаимодействие в тканях. Применение КВЧ-терапии при цитостатической лейкопении 2-3 степени приводит к более быстрому росту числа лейкоцитов в периферической крови [47].

В ряде исследований выявлено, что лимфоциты под влиянием КВЧ-излучения *in vitro* выделяют в культуральную среду цитокин, который способен стимулировать размножение клеток соответствующей линии [6, 47].

Установлено, что применение КВЧ-терапии у часто болеющих острыми респираторными заболеваниями детей способствует повышению исходно сниженного уровня Т-лимфоцитов за счет Т-хелперов, увеличению иммунорегуляторного индекса. В гуморальном звене наблюдается повышение исходно сниженной концентрации сывороточных IgA и IgG и уменьшение исходно повышенного уровня IgM [4].

Согласно литературным данным, совместное действие КВЧ-излучения и НИЛИ оказывает супрессорное влияние на выделение цитокинов, таких как ФНО- α , ИЛ-12, ИЛ-6 и ИЛ-1 β , что играет роль в механизме антипиретического эффекта у крыс [50].

На основании полученных результатов следует отметить, что основные механизмы реализации эффектов НИ ЭМИ КВЧ связаны с модификацией иммунного статуса организма в результате системной реакции на действие излучения с активацией Т-клеточного иммунитета. В результате применения этого физического фактора наблюдается включение определенных сигнальных систем и формирование специфического цитокинового профиля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение инвазивных и неинвазивных методов рефлексотерапии для повышения толерантности к влиянию сезонных метеофакторов и коррекции течения бронхиальной астмы/Семенова Л.Г. [и др.]; Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.–2015.–№2.–С. 4-8.
2. Bruurs, M.L. The effectiveness of physiotherapy in patients with asthma: a systematic review of the literature / Bruurs M.L., van der Giessen L.J., Moed H.// Respir Med.–2013.–Vol. 107 (4). – P. 483-494.
3. Импульсное низкочастотное электростатическое поле в комплексном лечении детей с бронхиальной астмой / Иванова Д.А., Хан М.А., Лян Н.А., Микитченко Н.А. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.–2015.–№4.–С. 30-35.
4. Немедикаментозная иммунокоррекция/Земсков А.М., Земсков В.М., Сергеев Ю.В. [и др.].–М.//Национальная академия микологии.–2002.–264 с.
5. Лазеротерапия в пульмонологии/Щегольков А.М., Клячкин Л.М., Ярошенко В.П. [и др.].//Пульмонология.–2000.–№4.–С. 11-17.
6. Улащик, В.С. Иммуномодулирующее действие лечебных физических факторов//Медицинские новости.–2006.–№11.–С. 8-13.
7. Улащик В.С. Основы общей физиотерапии. – Мн.: Книжный дом. – 2008. – 640 с.
8. Ушаков, А.А. Практическая физиотерапия (2-е изд. испр. и доп.)–М.: ООО «Медицинское информационное агентство».–2009. – 608 с.
9. Низкоинтенсивные лазеры в клинической практике/под ред. И.Г. Ляндерса.–Мн., 1998.–230 с.
10. Никитин, А.В. Применение низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения красной части спектра в терапии хронического обструктивного бронхита/Никитин А.В., Москвин С.В., Телегин А.А.//Лазерная медицина.–2001.–№5 (1).–С.16-18.
11. Москвин, С.В. Нужен ли расчет дозы для лазерной терапии? /Москвин С.В. // Нелекарственная медицина. –2012. – №3. – С. 138-139.
12. Москвин, С.В. О некоторых заблуждениях, мешающих развитию лазерной терапии/Москвин С.В.//Уральский медицинский журнал. –2013.– №1 (106).–С. 119-121.
13. Смирнова, О.В. Иммунофизиотерапия бронхиальной астмы /Смирнова О.В., Выхристенко Л.Р., Янченко В.В. // Рецепт. – 2011.–№1 (75).–С. 67-78.
14. Владимиров, Ю.А. Три гипотезы о механизме действия лазерного облучения на клетки и организм человека/Ю.А. Владимиров//Эфферентная медицина.–М., «НИИФХМ». –1994. – С. 23-25.
15. Мартынов, А.И. Модулирующее действие факторов преимущественно физической природы на иммунную систему человека и животных (часть 1)/Мартынов А.И.//Российский аллергологический журнал.–2014.–№4.–С. 3-11.
16. Москвин, С.В. О первичных механизмах терапевтического действия низкоинтенсивного лазерного излучения/Москвин С.В.//Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. –2012.–№3.–С.42-45.
17. Гафиятуллина, Г.Ш. Физиотерапия: учеб. пособие/Гафиятуллина Г.Ш., Омельченко В.П.–ГЭОТАР-Медиа.–2010.–280 с.
18. Новиков, Д.К. Иммунокоррекция, иммунопрофилактика, иммунореабилитация/Новиков Д.К., Новиков П.Д., Титова Н.Д.//Витебск: ВГМУ, 2006.–198 с.
19. Москвин, С.В. Лазерная терапия аппаратами серии «Матрикс» и «Лазмик»/Москвин С.В., Пономаренко Г.Н.//ООО «Издательство «Триада». – М., Тверь. – 2015. – 208 с.
20. Москвин, С.В. «Особые зоны» при работе с низкоинтенсивным лазерным излучением/Москвин С.В.// Космети-

- ка&Медицина. – 2011. – №4. – С. 70-75.
21. Пономаренко, Г.Н. Физиотерапия пациентов с нейроаллергодерматозами / Пономаренко Г.Н., Турковский И.И. // Физиотерапевт. – 2011. – №2. – С. 33-37.
22. Улащик, В.С. Иммунокоррекция: использование лечебных физических факторов/В.С. Улащик//Здравоохранение. – 2017. – №3. – С. 9-17.
23. Гринзайд, М.И. Иммуномодулирующие эффекты физических факторов: Пособие для врачей. – Пятигорск. – 1996. – 217 с.
24. Улащик В.С. Основы общей физиотерапии. – Мн.: Книжный дом. – 2008. – 640 с.
25. Low-level laser therapy suppresses the oxidative stress-induced glucocorticoids resistance in U937 cells: relevance to cytokine secretion and histone deacetylase in alveolar macrophages/N. H. Souza [et al.]//J. Photochem Photobiol B. – 2014. – Vol.5 (130). – P. 327-336.
26. The chemokines secretion and the oxidative stress are targets of low-level laser therapy in allergic lung inflammation / J. L. Costa Carvalho [et al.] // J. Biophotonics. – 2016. – Vol. 9 (11-12). – P. 1208-1221.
27. Немедикаментозная иммунокоррекция/А.М. Земсков [и др.]. – М.: Национальная академия микологии, 2002. – 264 с.
28. Новиков, Д.К. Иммунокоррекция, иммунопрофилактика, иммунореабилитация/Д.К. Новиков, П.Д. Новиков, Н.Д. Титова. – Витебск: ВГМУ, 2006. – 198 с.
29. Кару, Т.И. Первичные и вторичные клеточные механизмы лазерной терапии/Т.И. Кару//«Низкоинтенсивная лазерная терапия»: сб. ст./ТОО «Техника»; под ред.: С.В. Москвина, В.А. Буйлина. – М., 2000. – С. 71-94.
30. Elementary processes in cells after light absorption do not depend on the degree of polarization: implications for the mechanisms of laser phototherapy/T.I. Karu [et al.]// Photomedicine and Laser Surgery. – 2008. – Vol. 26 (3). – P.76-80.
31. Мантейфель, В. М. Снижение компактизации конденсированного хроматина в лимфоцитах человека под влиянием низкоинтенсивного излучения He-Ne-лазера/В.М. Мантейфель, Т.И. Кару//Известия РАН. Серия биология. – 2009. – №6. – С. 654-661.
32. Helium-neon laser irradiation stimulates cell proliferation through photostimulatory effects in mitochondria/W. P. Hu [et al.]//J. Invest. Dermatol. – 2007. – Vol. 127. – P. 2048-2057.
33. Зубкова, С.М. Сравнительный анализ биологического действия микроволн и лазерного излучения/С.М. Зубкова // Вопросы курортологии. – 1996. – №6. – С. 31-34.
34. Бурдули, Н. М. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функцию эндотелия сосудов и систему цитокинов у больных хроническим вирусным гепатитом/Н.М. Бурдули, А.С. Крифарида//Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – №2. – С. 30-34.
35. Low-level laser therapy inhibits bronchoconstriction, Th2 inflammation and airway remodeling in allergic asthma / V. R. Silva [et al.] // Respir Physiol Neurobiol. – 2014. – Vol. 1 (194). – P. 37-48.
36. Никитин, А. В. Применение низкоинтенсивного импульсного лазерного излучения красной части спектра в терапии хронического обструктивного бронхита/А.В. Никитин, С.В. Москвин, А.А. Телегин//Лазерная медицина. – 2001. – №5(1). – С.16-18.
37. Low-level laser irradiation affects the release of basic fibroblast growth factor (bFGF), insulin-like growth factor-I (IGF-I), and receptor of IGF-I (IGFBP3) from osteoblasts / I. Saygun [et al.] // Photomed Laser Surg. – 2012. – Vol.30 (3). – P. 149-154.
38. Inoue, K. Altered lymphocyte proliferation by low dosage laser irradiation/K. Inoue, J. Nishioka, S. Hukuda//Clin. Exp. Rheumatol. – 1989. – Vol.7. – P. 521-523.
39. Effect of low-level laser therapy on allergic asthma in rats / X. Y. Wang [et al.] // Lasers Med Sci. – 2014. – Vol. 29 (3). – P.1043-1050.
40. Phenotypic and genotypic association of epithelial IL1RL1 to human TH2-like asthma/R.S. Traister [et al.]//J. Allergy Clin Immunol. – 2015. – Vol. 135 (1). – P. 92-99.
41. Лазерная терапия в педиатрии / С. В. Москвин [и др.]. – Тверь: ООО «Издательство «Триада», 2009. – 480 с.
42. Стародубцева, И.А. Динамика окислительной модификации белков в сыворотке крови больных вторичным остеопорозом при ревматоидном артрите на фоне лазерной терапии/И.А. Стародубцева, Л.В. Васильева//Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2015. – №1. – С. 19-22.
43. Нуртдинова, Г. М. Комплексное лечение больных хроническим пиелонефритом с применением магнитно-лазерной терапии/Г. М. Нуртдинова, Л.П. Чернышова, Е.С. Галимова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2011. – №3. – С. 24-27.
44. Зубкова, С.М. Сравнительный анализ биологического действия микроволн и лазерного излучения/Зубкова С.М.// Вопр. курортологии. – 1996. – №6. – С. 31-34.
45. Улащик, В.С. Рецепторы кожи и лечебные физические факторы/В.С. Улащик // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2017. – №94 (5). С. 48-57.
46. Ушаков, А.А. Практическая физиотерапия (2-е изд. испр. и доп.)–М.: ООО «Медицинское информационное агентство». – 2009. – 608 с.
47. Gapeyev, A.B. Modifying effects of low-intensity extremely high-frequency electromagnetic radiation on content and composition of fatty acids in thymus of mice exposed to x-rays /Gapeyev A.B., Kulagina T.P., Aripovsky A.V.//International Journal of Radiation Biology. – 2015. – Т. 91, №3. – P. 277-285.
48. Gapeyev, A.B. Exposure of tumor-bearing mice to extremely high-frequency electromagnetic radiation modifies the composition of fatty acids in thymocytes and tumor tissue /Gapeyev A.B., Kulagina T.P., Aripovsky A.V.//International Journal of Radiation Biology. 2013. – Т. 89, №8. – P. 602-610.
49. Gapeyev, A.B. Features of anti-inflammatory effects of modulated extremely high-frequency electromagnetic radiation/Gapeyev A.B., Mikhailik E.N., Chemeris N.K.//Bioelectromagnetics. – 2009. – Vol. 30, №6. – P. 454-461.
50. Жаворонок, И.П. Влияние электромагнитного излучения крайне высоких частот и низко интенсивного лазерного излучения на температуру и основной обмен у крыс при системном воспалении/И.П. Жаворонок, А.Ю. Молчанова, В.С. Улащик//Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2012. – №4. – С. 44-49.